

УДК 621.771.24

**О.Г. КУРПЕ, В.В. КУХАР****ВАРІАНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ СТАНУ 1700 ПрАТ «ММК ІМЕНІ ІЛЛІЧА»**

В роботі виконані розрахунки та запропоновано перелік основного обладнання стану 1700, яке треба модернізувати, щоб отримати можливість виробляти гарячекатані рулони товщиною до 1,2 мм, марки сталі до Х70, та вагою до 32 т, згідно цільових вимог. За допомогою математичної моделі розраховано основні технічні характеристики обладнання після модернізації. Виконано розрахунок найбільш показового сортаменту рулонів розмірами 1,8х1500х10500 мм із сталі марки S355MC в умовах використання модернізованого обладнання. Перелік обмежень існуючого обладнання стану 1700 підтверджений розрахунком технології виробництва рулонів розмірами 2,65х1500 мм зі сталі марки S355MC, відповідно до EN 10149-2, масою 31 т.

**Ключові слова:** модернізація, обмеження обладнання, технологія прокатки, технічні характеристики, гарячекатані рулони, стан 1700.

**А.Г. КУРПЕ, В.В. КУХАРЬ****ВАРИАНТ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНА 1700 ЧАО «ММК ИМЕНИ ИЛЬИЧА»**

В работе выполнены расчеты и предложен перечень основного оборудования стана 1700 которое необходимо модернизировать с целью получения возможности производить горячекатаные рулоны толщиной до 1,2 мм из стали марки до Х70, весом до 32 т, в соответствии с целевыми требованиями. С помощью математической модели рассчитаны основные технические характеристики оборудования после модернизации. Выполнен расчет наиболее показательного сортамента рулонов размерами 1,8х1500х10500 из стали марки S355MC в условиях использования модернизированного оборудования. Перечень ограничений существующего оборудования стана 1700 подтвержден расчетом технологии производства рулонов размерами 2,65х1500 мм из стали марки S355MC, в соответствии с EN 10149-2, массой 31 т.

**Ключевые слова:** модернизация, ограничения оборудования, технология прокатки, технические характеристики, горячекатаные рулоны, стан 1700.

**О.Н. KURPE, V.V. KUKHAR****THE ALTERNATIVE OF 1700 ROLLING MILL UPGRADING AT PJSC "ILYICH IRON AND STEEL WORKS"**

In the paper, calculations have been made and the list of the main equipment for 1700 mill has been offered, which should be upgraded in order to be able to produce hot rolled coils of up to 1.2 mm thickness from steel grade up to X70, with weight of up to 32 tons, in accordance with the target requirements. Using the mathematical model, there has been calculated the main technical characteristics of the equipment after the upgrading. The calculation has been performed for the most indicative range of coils with dimensions of 1.8х1500х10500 made of steel grade S355MC assuming utilization of the upgraded equipment. The list of limitations of the existing equipment of 1700 mill has been confirmed by calculation of the technology for producing of 2.65х1500 mm coils of S355MC steel grade, in accordance with EN 10149-2, weight 31t.

The minimal required performances of the updated equipment of mill 1700 has been calculated applying the mathematical model, and also the placement of the equipment has been determined. This ensures the flexibility of the roughing-down technology and the production of coils that meet the target requirements. The advantage of the offered modernization alternative is the possibility to control the thickness of the billet for the finishing group, the possibility to utilize the slabs of thickness of up to 250mm and of length of up to 10500mm that ensures the production of coils with weight of up to 32t and the possibility to apply the technology of thermomechanical rolling that allows the production of the target product-mix.

**Keywords:** upgrading, equipment limitations, rolling technology, technical characteristics, hot-rolled coils, mill 1700.

**Вступ.** Диверсифікація ринків збута металопродукції потребує від виробників розширення сортаменту згідно з відповідними стандартами. Засвоєння такого сортаменту, який є новим, неможливо без зміни технології та модифікації існуючого металургійного обладнання.

Маркетингові дослідження свідчать про необхідність перекваліфікації наших виробництв на, високотехнологічні, та отримання продукції, яка відповідає сучасним потребам світового ринку. Суттєвими недоліками гарячекатаних рулонів, що виробляються в нашій країні в порівнянні зі світовими виробниками, є мала вага, та вузький марочний сортамент.

Для здійснення цього переходу необхідно виконати оцінку поточного стану технології та обладнання, та розробити поетапну стратегію модернізації виробництв.,

**Аналіз стану питання.** Кожен етап модернізації проводиться з метою поступового забезпечення цільових умов для виробництва продукції. Так, в роботі [1] автори пишуть про поетапний розвиток та

модернізацію ШСГП з заміною реверсивної чорнової кліті на безперервну групу клітей встановленням CoilBox, пристрою проміжного охолодження полоси. Автором запропоновано використання прохідної індукційної пічки, яка забезпечує рівномірність температури на кінцях розкату. Окремо, автором роботи [2], розглянуто становлення етапу модернізації, в якому ще вироблялись рулони з малою вагою.

Автор роботи [3] приводить в деталях всі етапи розвитку ширококутових прокатних станів, з яких слід зазначити, що стани останнього покоління мають одну або дві чорнові реверсивні кліті, та установку CoilBox, або без неї. Слід зазначити циклічність процесів модернізації ширококутових станів від реверсивних чорнових клітей до нереверсивних чорнових груп, та повернення знову до реверсивних чорнових клітей, але вже з сучасними технічними характеристиками.

Так, сучасні комплекси ШСГП виробляють рулони товщиною до 1,2 мм з вагою до 35 т, а стани «безперервної прокатки» останнього покоління можуть виробляти гарячекатані безперервні смуги

товщиною до 0,8 мм [3], що відповідає сучасним потребам переробників прокату.

Окремим питанням є розрахунки проектів модернізації. Відомо багато математичних моделей [4–12], які автори рекомендують використовувати для проектування технології. Однак інформація про можливість їх використання для модернізації обладнання відсутня, так як більшість моделей жорстко прив'язана до конкретного прокатного комплексу, та не враховує можливість використання у розрахунках додаткового обладнання. Але гнучкі моделі, завдяки яким можливо проектувати як технологію, так і розраховувати будь який комплекс обладнання, є в інжинірингових компанія, та вони мають обмежений доступ.

Актуальність розробки стратегії модернізації для умов стану 1700 ММК «Імені Ілліча» обумовлена поточними планами по комплексній модернізації, а також розширенню сортаменту та ваги гарячекатаних рулонів, які виробляються.

**Мета роботи.** Розробка варіанту модернізації стану 1700 ММК «Імені Ілліча» на підставі впровадження технології термомеханічної прокати, та виробництва великовагових рулонів категорії

міцності до X70 для подальшого виробництва труб по стандарту API-5L.

**Основна частина.** Існуюче обладнання стану 1700 на даний час складається з чотирьох методичних печей, три з яких штовхального типу були модернізовані з метою нагріву слябів розмірами до 250x1550x6200 мм, одна пічка виробництва фірми «Stein Heurtey», Франція, крокуючого типу з можливістю нагріву слябів розмірами до 250x1600x10500 мм. Сляб товщиною 250 мм застосовується тільки в разі редукування на Слябінгу. Чорнова група клітей включає одну кліть «дуо» №01 (чорновий окалиноломатель), та 5 клітей «кварто» (1-4, та 4а), чотири з яких є універсальними (2-4, та 4а), теплосберігаючих екранів, летючих ножиць, чистової групи з 6-х клітей «кварто» (5-10), установки прискороного охолодження, яка складається з 14 секцій, та 3-х моталок, дві з яких можуть змотувати рулони вагою до 9 т, а одна, остання по ходу прокати, може змотувати рулони вагою до 26 т. Слід зазначити, що на стані встановлено 7 гідрозбівів окалини з тиском в межах 80–140 атм.

Схема розміщення основного обладнання стану 1700 наведена на рис. 1.

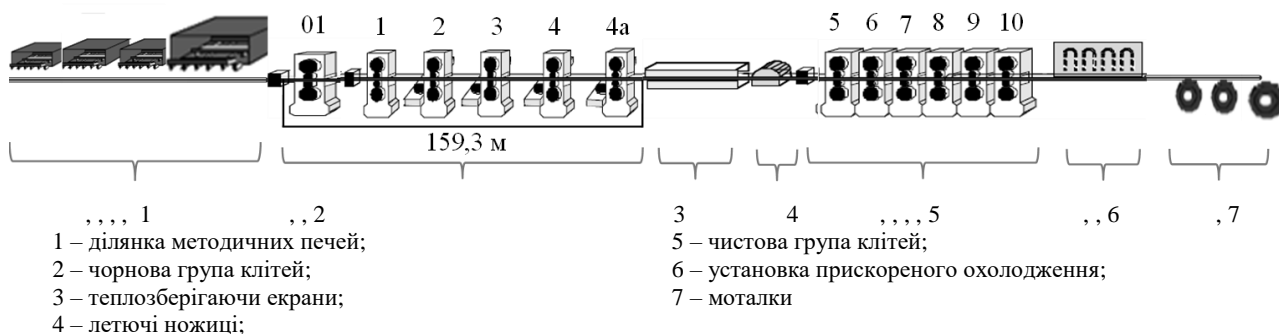


Рис. 1 – Існуюча схема розміщення основного обладнання стану 1700

Згідно з проектом та діючою технологією стан виробляє гарячекатані рулони вагою до 9 т, товщиною від 1,5 до 9 мм, шириною від 1000 до 1530 мм, в залежності від сортаменту, з марок від 08пс відповідно до ГОСТ 1050 до 09Г2С відповідно до ГОСТ 19281, та S355 усіх категорій відповідно до EN 10025-2, та інший

аналогічний сортамент, обмежений тимчасовим опором в холодному стані не більше ніж 590 МПа.

Цільовий сортамент гарячекатаних рулонів, який запланований до виробництва після модернізації, наведений в табл. 1.

Таблиця 1 – Цільовий сортамент стану 1700 після модернізації

Марка сталі	Нормативний документ	Межа плинності, МПа	Тимчасовий опір, МПа	Розміри, мм	Вага, т
DD11-DD14	EN 10111	$\geq 170$	$\leq 440$	1,2–12,7 x 900–1600	До 32**
-----	-----	-----	-----		
S460MC	EN 10149-2	$\geq 460$	520-670		
X70	API-5L*	485-635	570-760		

\* мається на увазі вимоги до прокату для виготовлення труб по стандарту API-5L.

\*\* максимальна вага рулонів.

В таблиці позначкою «-----» вказана наявність проміжного сортаменту.

Для забезпечення виробництва рулонів максимальної ваги для кожного розміру у якості заготовки повинен використовуватись сляб товщиною 250 мм та довжиною 10500 мм згідно до технічного завдання.

Виробництво вказаного в табл. 1 сортаменту, масою до 32 т з заготовки товщиною 250 мм має наступні обмеження в умовах існуючого обладнання ділянки стану (табл. 2).

Ланцюг існуючих обмежень з початку технологічного процесу прокатки виглядає наступним чином:

– Максимальне обтиснення в кліті «01» не дозволяє отримати потрібну товщину заготовки для задачі її в кліть «1».

– Відстань між кліттю «01» та «1» менша ніж довжина прокатої заготовки, що призведе до перебування розкату одночасно у двох клітях. Кліті чорнової групи мають асинхронні двигуни з швидкістю обертів яка не регулюється, що унеможливило впровадження такого варіанту роботи.

– Існуючі теплозберігаючі панелі не забезпечують потрібного температурного клину, особливо при збільшенні довжини розкату.

Таблиця 2 – Існуючі обмеження ділянки стану 1700 з виробництва рулонів масою до 32 т

Цільові вимоги		Існуючі обмеження
Показник	Значення показника	
Маса рулонів	до 32 т	Максимальна допустима, вага рулонів на 2-х діючих моталках 8,5 т, на моталці №3 – 27т
Товщина заготовки	250 мм	Кліть «01» з максимальним валковим проміжком – 250 мм, максимальним обтисненням – 34 мм; Кліть «1» з максимальним валковим проміжком – 200 мм, максимальним обтисненням – 46 мм;
Довжина заготовки	10500 мм	Відстань між клітями: «01» та «1» становить 10150 мм; «1» та «2» становить 18500 мм,
Категорія міцності рулонів	До X70	Тимчасовим опором в холодному стані не більше ніж 590 МПа
Мінімальна товщина рулонів	1,2 мм	Мінімальна товщина рулонів 1,5 мм
Температурний клин	Максимум 30 °C	60 °C на поточній довжині (для розміру 4x1310 мм становить 206 м)

Існуючі технологічні обмеження при розрахунку процесу прокатки поширеного сортаменту рулонів розмірами 2,65x1500 мм зі сталі S355MC згідно з

EN 10149-2 з цільовими вимогами – маса рулонів 31 т, розміри слябів, які використовуються 250x1500x10500 мм, в умовах існуючого обладнання стану 1700, виглядають наступним чином (табл. 3).

Таблиця 3 – Результати розрахунків та обмеження виробництва багатовагових рулонів на стані 1700

№ кліті	Показники						
	Товщина*, мм	Валковий проміжок, мм	Довжина розкату**, мм	Відстань між клітями, мм	Температура, °C	Сила прокатки, МНх100	Максимальна сила прокатки, МНх100
0***	250		10500		1260		
01	228	250	11630	10150	1243	631	800
1	198	200	13400	18500	1228	926	2500
2	165	200	16080	22980	1211	1112	2500
3	137	150	19360	35420	1195	1056	2000
4	110	150	24110	53000	1172	1160	2000
4a	85 (30)	150	31210	87000	1092 (955)	1352	2000
5	19	150	139610	5800	941	2016	2400
6	12	150	221050	5800	934	1951	2400
7	7,7	150	344490	5800	927	1796	2000
8	5,2	150	510110	5800	915	1529	1800
9	3,5	150	757870	5800	900	1460	1700
10	2,65	150	1000960	5800	888	1069	1500

\* товщина після проходку

\*\* розмір вказано у гарячому стані

\*\*\* початкові дані

На підставі виконаного моделювання процесу прокатки рулонів з урахуванням технічних обмежень існуючого обладнання стану 1700 не вдалось отримати наступні технологічні параметри:

– неможливо збільшити обтиснення в кліті 01, так як сила прокатки перевищить максимальну силу, а також порушаться умови природніх умов захвату, в наслідок чого неможливо задати підкат товщиною 228 мм в кліті 1, так як валковий проміжок становить 200 мм;

– товщина заготовки після чорнової групи становить 85 мм, замість потрібної, 30 мм внаслідок недостатньої обтискної здатності клітей 01-4а;

– температура початку прокатки становить 955 °С, що нижче за потрібну 1092°С внаслідок недостатньої теплозберігальної можливості існуючих екранів при збільшенні довжини розкату з вагою 31 т.

Таким чином, існуючі технічні обмеження, не дозволяють забезпечити виробництво рулонів цільового сортаменту, вказаного в табл. 1.

Для усунення вузьких місць треба реконструювати наступні ділянки стану, рис. 2:

– Чернова, група – замість клітей 01-4а встановити одну реверсивну кліть, що дозволить використовувати сляб товщиною 250 мм та регулювати товщину заготовки для чистової групи в залежності від технологічних потреб;

– Встановити додатково після теплозберігаючих екранів установку CoilBox, яка дозволить додатково зберегти температуру та суттєво зменшить температурний клин по довжині заготовки., , ,

За допомогою математичної моделі шляхом декількох ітерацій виконано розрахунок технологічного процесу прокатки рулонів розмірами 1,8х1500х10500 мм із сталі марки S355MC з метою визначення необхідних технічних характеристик обладнання, яке необхідно реконструювати. Вибраний сортамент рулонів є найбільш показовим у сукупності розмір / марка сталі. Результати розрахунку наведені в табл. 4.

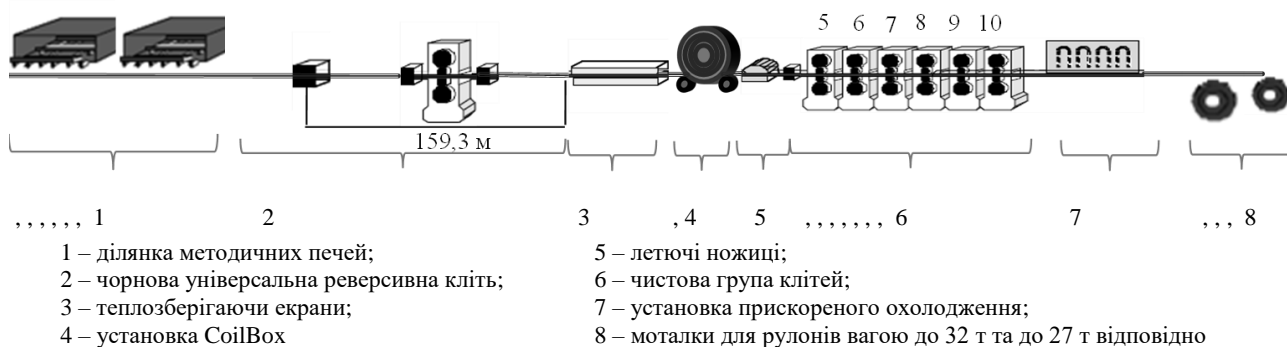


Рис. 2 – Схема розміщення основного обладнання стану 1700 після реконструкції

Таблиця 4 – Результати розрахунку процесу прокатки рулонів розмірами 1,8х1500х10500 мм із сталі марки S355MC в умовах реконструйованого обладнання

№ проходу / кліті	Показники				
	Товщина*, мм	Довжина розкату**, мм	Температура, °С	Швидкість, м/с	Сила прокатки, МНх100
0***	250	10500	1220		
1	218	12110	1211	2,39	1209
2	184	14350	1203	2,98	1346
3	150	17610	1195	3,58	1502
4	115	22970	1184	3,58	1703
5	80	33010	1167	3,58	1966
6	45	58690	1130	3,58	2460
7	23	110820	1034	4,18	2708
CoilBox	23		1004,5		
5	19	139610	941	1,36	2016
6	12	221050	934	2,38	1951
7	7,7	344490	927	3,92	1796
8	5,2	510110	915	5,70	1529
9	3,5	757870	900	7,83	1460
10	2,65	1000960	888	9,61	1069

\* товщина після проходу

\*\* розмір вказано у гарячому стані

\*\*\* початкові дані

В запропонованому варіанті модернізації три штовхальні методичні пічки, замінюються на одну нову крокуючого типу. Таким чином, на ділянці буде дві схожі методичні печі, що забезпечить підвищення продуктивності, уніфікацію технології та нагрівання слябів розмірами до 250x1600x10500 мм, вагою до 32т.

Мінімально необхідний рівень технічних характеристик, які матиме нове обладнання після

реконструкції, отриманих на підставі розрахунку процесу прокатки та наведених в табл. 5

Таким чином, по результатах розрахунку з використанням математичної моделі мінімально необхідні характеристики основного реконструйованого обладнання стану 1700, а також його розташування забезпечують гнучкість технології чорнової прокатки.

Таблиця 5 – Мінімально необхідні характеристики обладнання після реконструкції

Обладнання	Показник	Характеристика
Чорнова реверсивна кліть	Діаметр робочих валків, мм	1140
	Оберти головного двигуна, об/мін	40-80
	Потужність головного двигуна, кВт	2x7000
	Максимальна сила прокатки, МНх100	3000
	Максимальна швидкість прокатування, м/с	5
CoilBox	Вага заготовки, яка перемотується, т	32
	Формований внутрішній діаметр, мм	700
	Товщина заготовки, мм	20-40
Моталка	Вага рулонів, які змотуються, т	32
	Товщина рулонів, мм	1,2-12,7

Серед отриманих переваг такі як можливість керування товщиною заготовки для чистової групи, можливість використання слябів товщиною до 250 мм та довжиною до 10500 мм, що забезпечить виробництво рулонів вагою до 32 т, відсутність обмежень довжини заготовки, обумовленої відстанню між клітьми чорнової групи, зменшенням втрат температури заготовки перед чистовою групою за рахунок встановлення CoilBox.

Також важливою перевагою запропонованого варіанту модернізації є можливість впровадження технології термомеханічної прокатки, що дасть можливість забезпечити виробництво цільового сортаменту.

**Висновки.** В роботі виконані розрахунки та встановлені існуючі обмеження, які не дозволяють збільшити вагу гарячекатаних рулонів та виробляти марочний сортамент з тимчасовим опором більш ніж 590 МПа. Запропоновано перелік основного обладнання, яке треба замінити, що дасть можливість виробляти гарячекатані рулоні товщиною до 1,2 мм, марки сталі до X70 та вагою до 32 т, згідно цільових вимог. Виконано розрахунок найбільш показового сортаменту рулонів розмірами 1,8x1500x10500 мм із сталі марки S355MC, на підставі якого запропоновані мінімально необхідні характеристики, які повинні мати обладнання після модернізації.

#### Список літератури

1. Васильев А.А., Николаев В.А. Новая технология горячей прокатки широкополосной стали. Вестник Череповецкого государственного университета, Череповец, 2013. Вып. 4. Т.2. С. 5–10.
2. John, G. Lenard., «Primer on Flat Rolling. Mathematical and Physical Modelling of the Flat Rolling Process», Elsevier Ltd, Chapter 3, 2007. pp. 36–98, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008045319-4/50005-X>
3. Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Производство горячекатаных листов и полос: Справочное издание в 2-х книгах. М. «Теплотехник», 2008. Книга 1. 640 с.

4. Mantyla, P., Korhonen, R., Jonsson, N-G. «Improved Thickness and Shape Accuracy with Advanced Pass Scheduling in Plate Rolling», Journal of Materials Processing Technology, Elsevier, Vol. 34, 1992. pp. 255–263, DOI: [https://doi.org/10.1016/0924-0136\(92\)90115-9](https://doi.org/10.1016/0924-0136(92)90115-9)
5. Yue, S. «The Mathematical Modelling of Hot Rolling of Steel», J.G. Lenard (Editor), Metal Forming Science and Practice 9, Published by Elsevier Science Ltd, Chapter 11, 2002. pp. 213–226., DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008044024-8/50011-4>
6. Galantucci, L.M., Tricaricob, L. «Thermo-mechanical simulation of a rolling process with an FEM approach», Journal of Materials Processing Technology 92–93, 1999. pp. 494–501, DOI: [https://doi.org/10.1016/S-0924-0136\(99\)00242-3](https://doi.org/10.1016/S-0924-0136(99)00242-3)
7. Hanoglu, U., Šarler, B. «Multi-pass hot-rolling simulation using a meshless method», Computers and Structures 194, 2018. p. 1–14, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstuc.2017.08.012>
8. Peng W., Liu Z., Yang X., Cao J., Zhang D. Optimization of Temperature and Force Adaptation Algorithm in Hot Strip Mill. Journal of iron and steel research, International, 2014. № 21(3). p. 300–305.
9. Speicher K., Steinboeck A., Wild D., Kiefer T., Kugi A. Estimation of plate temperatures in hotrolling based on an extended Kalman filter, 16th IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing, San Diego, California, USA. August 25–28, 2013. p. 409–414.
10. Sui F., Chen L., Liu X., Wang L., Li Sin W. Temperature field analysis and its application in hot continuous rolling of Inconel 718 superalloy, Acta Metall. Science Direct (Engl. Lett.) Vol.22., Apr. 2009. № 2. p. 81–90.
11. Коновалов Д.В. Мокиевец А.В., Кузьмина О.М. Исследование влияния скоростных режимов смотки и размотки подката в "coilbox" на температурный перепад по длине полосы. Plastic deformation of metals, сб. научн. трудов: в 2-х т. Т.1. Днепропетровск: Акцент ПП., 2014. Т. 1. 264 с. 39–43.
12. Коновалов Д.В., Каракаш Е.А., Мокиевец А.В., Панченко В.С. Исследование изменения температуры полосы в промежуточном перемоточном устройстве на широкополосных станах горячей прокатки. Обработка материалов давлением, 2013. № 3. С. 160–164. ISSN 2076–2151. (36).

#### References (transliterated)

1. Vasil'ev A.A., Nikolaev V.A. Novaja tehnologija gorjachej prokatki širokopolosnoj stali [The new technology of wide-strip steel hot rolling]. Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta, Cherepovec, 2013. Vyp. 4. Vol. 2. P. 5–10.
2. John, G. Lenard., «Primer on Flat Rolling. Mathematical and Physical Modelling of the Flat Rolling Process», Elsevier Ltd, Chapter 3, 2007. pp. 36–98, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008045319-4/50005-X>

3. Konovalov Ju.V. Spravochnik prokatchika. Proizvodstvo gorjachekatanyh listov i polos [Production of hot-rolled sheets and strips]: Spravochnoe izdanie v 2-h knigah. Moscow: «Teplotekhnika», 2008. Kniga 1. 640 p.
4. Mantyla, P., Korhonen, R., Jonsson, N-G. «Improved Thickness and Shape Accuracy with Advanced Pass Scheduling in Plate Rolling», Journal of Materials Processing Technology, Elsevier, Vol. 34, 1992. pp. 255–263, DOI: [https://doi.org/10.1016/0924-0136\(92\)90115-9](https://doi.org/10.1016/0924-0136(92)90115-9)
5. Yue, S. «The Mathematical Modelling of Hot Rolling of Steel», J.G. Lenard (Editor), Metal Forming Science and Practice 9, Published by Elsevier Science Ltd, Chapter 11, 2002. pp. 213–226., DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008044024-8/50011-4>
6. Galantucci, L.M., Tricarico, L. «Thermo-mechanical simulation of a rolling process with an FEM approach», Journal of Materials Processing Technology 92–93, 1999. pp. 494–501, DOI: [https://doi.org/10.1016/S-0924-0136\(99\)00242-3](https://doi.org/10.1016/S-0924-0136(99)00242-3)
7. Hanoglu, U., Sarler, B. «Multi-pass hot-rolling simulation using a meshless method», Computers and Structures 194, 2018. p. 1–14, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2017.08.012>
8. Peng W., Liu Z., Yang X., Cao J., Zhang D. Optimization of Temperature and Force Adaptation Algorithm in Hot Strip Mill. Journal of iron and steel research, International, 2014. № 21(3). p. 300–305.
9. Speicher K., Steinboeck A., Wild D., Kiefer T., Kugi A. Estimation of plate temperatures in hotrolling based on an extended Kalman filter, 16th IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing, San Diego, California, USA. August 25–28, 2013. p. 409–414.
10. Sui F., Chen L., Liu X., Wang L., Li Sin W. Temperature field analysis and its application in hot continuous rolling of Inconel 718 superalloy, Acta Metall. Science Direct (Engl. Lett.) Vol.22., Apr. 2009. № 2. p. 81–90.
11. Konovodov D.V., Mokiev A.V., Kuz'mina O.M. Issledovanie vliyaniya skorostnyh rezhimov smotki i razmotki podkata v "coilbox" na temperaturnyj perepad po dline polosy [Investigation of the influence of high-speed modes of searching and uncoiling the "coilbox" on the temperature difference along the length of the strip]. Plastic deformation of metals, sb. nauchn. trudov: v 2-h t. Vol.1. Dnepropetrovsk: Akcent PP., 2014. Vol. 1. 264 p. 39–43.
12. Konovodov D.V., Karakash E.A., Mokiev A.V., Panchenko V.S. Issledovanie izmeneniya temperatury polosy v promezhutochnom peremotchnom ustrojstve na shirokopolosnyh stanah gorjachej prokatki [Investigation of the change in the strip temperature in the intermediate rewinder on wide-strip hot rolling mills]. Obrabotka materialov davleniem, 2013. No 3. P. 160–164. ISSN 2076–2151. (36).

Надійшла (received) 26.08.2018

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Курпе Олександр Геннадійович (Kurpe Aleksandr Gennadiyovich)** – кандидат технічних наук, головний експерт ООО «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ», м. Маріуполь, Україна; e-mail: [aleksandr.kurpe@gmail.com](mailto:aleksandr.kurpe@gmail.com)

**Кухар Володимир Валентинович (Kukhar Volodimdr Valentinovich)** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри обробки металів тиском, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна; e-mail: [kvv.mariupol@gmail.com](mailto:kvv.mariupol@gmail.com)